

$$S = \sum_{i=1}^8 A_i R_i. \quad (8)$$

где A_i - коэффициенты разложения. Элементы базиса $R_1 \dots R_8$ обладают более простыми алгебраическими свойствами, чем элементы обычного гамма-матричного базиса.

Использование базиса (7) позволяет решить задачу (1) в общем виде. Для наглядности рассмотрим случай Стандартной модели, когда обратный пропагатор фермиона в среде выглядит так:

$$S = \hat{p} - m + \alpha \hat{u}(1 - \gamma^5), \quad (9)$$

где α - параметр, характеризующий состав среды.

Для обратного пропагатора (9) получаем:

$$\lambda_{1,2} = -m \pm W \sqrt{1 + 2K^+}, \quad \lambda_{3,4} = -m \pm W \sqrt{1 + 2K^-}, \quad (10)$$

$$\Pi_{1,2} = \frac{1}{2} \Sigma^- \left[1 \pm \frac{\hat{n}}{\sqrt{1 + 2K^+}} (1 + K^+ (1 - \gamma^5)) \right], \quad \Pi_{3,4} = \frac{1}{2} \Sigma^+ \left[1 \pm \frac{\hat{n}}{\sqrt{1 + 2K^-}} (1 + K^- (1 - \gamma^5)) \right], \quad (11)$$

где

$$K^\pm = \frac{\alpha}{W^2} \left((pu) \pm \sqrt{(up)^2 - W^2} \right). \quad (12)$$

В результате было построено спектральное представление пропагатора (3), в котором каждое слагаемое связано с определенным законом дисперсии в среде. Особую роль играют найденные нами обобщенные спиновые проекторы Σ^\pm , которые существенно упрощают алгебраические вычисления. В частном случае, когда среда покоится, оператор Σ^\pm является проектором на состояние с определенной спиральностью, что соответствует результатам работы [6].

Список публикаций:

- [1] Giunti C., Kim C. W. // *Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics*. Oxford, UK: Univ. Pr. (2007) 710.
- [2] Bilenky S. M. // *Neutrino in Standard Model and beyond*. Phys.Part.Nucl. 46 (2015) № 4, 475.
- [3] Wolfenstein L. // *Phys.Rev.* D17 (1978) 2369.
- [4] Mikheev S., Smirnov A. // *Sov.J.Nucl.Phys* 42 (1985) 913.
- [5] Blennow M., Smirnov A. Y. // *Neutrino propagation in matter*. Adv.High Energy Phys. 2013 (2013) 972485.
- [6] Grigorev A., Studenikin A., Ternov A. // *Quantum theory of neutrino spin light in dense matter*. Phys.Lett. B622 (2005) 199.

Динамика и трансформация структуры связанных магнитных вихрей в трехслойных наностолбиках при воздействии магнитного поля и поляризованного тока

Ганеев Артур Адикович

Степанов Станислав Викторович, Екомасов Андрей Евгеньевич

Бакирский государственный университет

Екомасов Евгений Григорьевич, д.ф.-м.н.

ganeearthur@yandex.ru

Одной из актуальных физических проблем является разработка нового поколения высокоскоростных и эргономичных электронных устройств. Явление переключения и возбуждения осцилляций намагниченности в магнитных наноструктурах, с помощью тока достаточно большой плотности, поляризованного по спину [1], позволит увеличить скорости жестких дисков и устройств магнитной памяти до терагерцового уровня. Частоты, возбуждаемых с помощью переноса спинового момента, осцилляций намагниченности в магнитных наноструктурах, могут быть перенастраиваемы, с помощью приложения внешних магнитных полей и токов, и использованы для создания перспективных радиотехнических приложений. В настоящее время большой интерес привлекает спин-трансферный наногенератор (СТНГ) СВЧ, который отличается значительной выходной мощностью, небольшой шириной и относительно большим спектром частот, даже без приложения внешнего магнитного поля. Большинство таких структур имеет два магнитных слоя, разделенных немагнитной прослойкой.

В работе исследуется СТНГ, состоящий из трёх слоёв (пермалловый (Py) 4 нм/Cu - 10 нм/Py -15 нм) кругового сечения диаметром 400, 200 и 120 нм. Намагниченности обоих магнитных слоев находятся в вихревом состоянии. Рассматривается случай, когда два магнитных слоя взаимодействуют через поля размагничивания и спин-поляризованный ток и, при этом, система находится во внешнем магнитном поле,

перпендикулярном плоскости слоев. С помощью программного пакета SpinPM проведено численное моделирование связанной вихревой динамики. В частности, были изучены процессы динамической трансформации магнитных вихрей (переключение полярности вихревого кора) для различных значений токов и внешнего магнитного поля, перпендикулярного плоскости слоев. Проведено исследование динамики двух связанных магнитных вихрей под действием внешнего, перпендикулярного плоскости образца, магнитного поля и поляризованного электрического тока. Найдено наличие критических значений тока, разделяющих разные режимы движения вихрей. Показана возможность управления величиной частоты стационарного движения вихрей и критических токов с помощью внешнего магнитного поля. С помощью микромагнитного моделирования найдена зависимость от тока величины магнитного поля, отдельно переключающего полярность кора вихря в тонком и толстом слоях. Проведено сравнение известных экспериментальных [2] и численных результатов.

Работа поддержана грантом РФФИ, проект 16-32-00381.

Список публикаций:

[1] Звездин А.К., Звездин К.А., Хвальковский А.В., УФН, 178, 4 (2008).

[2] N. Locatelli et al, Appl. Phys. Lett. 98, 062501 (2013).

Динамика спин-орбитального экситона в Sr_2IrO_4 с учетом хундовского взаимодействия

Дикушина Елена Александровна

Аввакумов Илья Леонидович

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Аввакумов Илья Леонидович

eadikushina@gmail.com

В данной работе исследуется Sr_2IrO_4 – недавно синтезированное в лаборатории соединение. Оно относится к оксидам переходных $5d$ металлов, но в отличие от других соединений этой группы является моттовским диэлектриком. Вещество обладает слоистой структурой перовскита и может быть представлено как квазидвумерный гайзенберговский антиферромагнетик с псевдоспином $1/2$, где за псевдоспин принимается полный момент иона Ir. Соединение привлекло внимание исследователей как возможный высокотемпературный сверхпроводник из-за сходств с купратами [1, 2].

В экспериментальных спектрах Sr_2IrO_4 наблюдается беззарядовая квазичастица – спин-орбитальный экситон. Распространение спин-орбитального экситона в системе без учета правила Хунда затухает из-за нарушения локального магнитного порядка [2, 3]. Тем не менее, в системе с переносом заряда вклад хундовского взаимодействия в электронной структуре иона сравним со спин-орбитальным и не может быть опущен. Благодаря хундовскому взаимодействию появляется новый тип переноса, который делает возможным перенос экситона в Sr_2IrO_4 без нарушения магнитного порядка ионов окружения.

Эффективный гамильтониан, выведенный из гамильтониана Хаббарда для двухузельной системы, в которой на одном из узлов есть возбуждение, предполагает наряду с обычным переносом перенос экситона с изменением спинового состояния. Такой перенос возможен только при учете хундовского взаимодействия. Он приводит к возможности появления состояний, при которых магнитная система не искажается и перенос возбуждения становится выгодным. Такие состояния соответствуют незатухающему экситону [4].

Целью работы является рассмотрение совместного действия переносов обоих типов – с изменением спинового состояния ионов и без изменения – и изучение их вкладов в распространение спин-орбитального возбуждения в Sr_2IrO_4 .

Для исследования используется компьютерное моделирование, в основе которого лежит метод высокотемпературного разложения Stochastic Series Expansion [5] с изменениями, необходимыми для учета хундовского взаимодействия.

Результаты моделирования для одномерных и двумерных систем подтверждают, что перенос возбуждения с изменением спиновых состояний в Sr_2IrO_4 возможен и что вклад такого переноса может оказывать существенное влияние на динамику экситонного состояния.

Список публикаций:

[1] Kim B. J., Jin H., Moon S. J. et al. // Phys.Rev.Lett. 2008. 101 076402

[2] Kim J., Daghofer M., Said A. H. et al. // Nature Communications. 2014. 5 4453

[3] Kim J., Casa D., Upton M. H., Gog T. et al. // Phys. Rev. Lett. 2012. 108 177003

[4] Аввакумов И. Л., Дикушина Е. А // Материалы IX Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании. Уфа: РИЦ БашГУ. 2016. С. 69

[5] Sandvik A. W., Kurkijärvi J. // Phys.Rev.B. 1991. Т. 43 5950